



**HAL**  
open science

## Quels outils pour éclairer les décisions des collectivités locales dans le domaine du climat ?

Patrick Criqui, Philippe Menanteau, Paolo Avner

### ► To cite this version:

Patrick Criqui, Philippe Menanteau, Paolo Avner. Quels outils pour éclairer les décisions des collectivités locales dans le domaine du climat ?. Jean Carassus & Bruno Duplessis. *Economie et développement urbain durable*, Presses des Mines, pp.19-39, 2010. halshs-00450130

**HAL Id: halshs-00450130**

**<https://shs.hal.science/halshs-00450130>**

Submitted on 25 Jan 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# ÉCONOMIE ET DÉVELOPPEMENT URBAIN DURABLE

1<sup>ère</sup> rencontre du réseau « Économie et Développement Urbain Durable »

# Quels outils pour éclairer les décisions locales dans le domaine du climat ?

Patrick Criqui  
Philippe Menanteau  
Paolo Avner

## RESUME

L'urgence climatique appelle des politiques de réduction de gaz à effet de serre ambitieuses. Depuis la mise en œuvre du protocole de Kyoto les avancées sont réelles avec notamment la création du marché carbone européen (EU ETS) pour les entreprises fortement émettrices. Cependant, il apparaît aujourd'hui que cette direction ne peut à elle seule suffire à placer les économies sur des sentiers de croissance suffisamment vertueux. Dans ce contexte, les villes qui sont les hôtes principaux des populations (plus de 50% de la planète vit en zone urbaine depuis 2007) et des activités consommatrice d'énergie (transport, bâtiment...), apparaissent comme une « nouvelle » aire d'investigation pour les politiques climatiques constituant d'immenses potentialités de réduction de gaz à effet de serre.

De nombreux territoires sont convaincus de leur rôle fondamental dans la bataille du climat et tendent à se regrouper et à s'engager dans des plans climat locaux que des éclairages scientifiques pourraient contribuer à rendre plus efficaces.

L'émergence de la ville / du territoire comme niveau approprié de mise en œuvre des politiques climatiques, impose aux chercheurs de renouveler outils et approches méthodologiques afin de pouvoir rendre compte des nouvelles options techniques et organisationnelles et éclairer la décision politique.

Ce chapitre explore les pistes d'amélioration possibles des outils de prospective dans le domaine énergie – climat, pour apporter aux collectivités territoriales des éclairages appropriés à des politiques climatiques locales plus ambitieuses.

## INTRODUCTION

Les évolutions diplomatiques et scientifiques nous rappellent avec vigueur la nécessité de mettre en œuvre des politiques climatiques fortes, notamment pour placer les pays développés sur des sentiers de croissance compatibles avec la division par quatre de leurs émissions (le « facteur 4 ») en 2050. La question devient alors, quels leviers mobiliser pour atteindre ces objectifs ?

Des progrès considérables ont déjà été réalisés en Europe notamment pour internaliser les coûts du CO<sub>2</sub> dans les décisions économiques des entreprises fortement émettrices avec la création du marché de permis d'émissions négociables européens (EU ETS). Mais le volume des émissions couvertes est inférieur à la moitié des rejets de GES européens. À ce titre, elle apparaît insuffisante à elle seule pour obtenir une réduction suffisante des émissions d'autant que le durcissement de la contrainte carbone pose des problèmes de compétitivité aux entreprises couvertes, à la fois sur les marchés domestiques et sur les marchés internationaux<sup>1</sup>.

Les transports, le bâtiment et la production d'énergies renouvelables/locales présentent des potentialités d'économies d'énergie et de décarbonisation très importantes. Les villes et territoires en tant qu'hôtes principaux de ces activités apparaissent logiquement comme le lieu privilégié pour établir les politiques climatiques pour ces secteurs. Leur importance est susceptible de croître avec la forte urbanisation constatée partout dans le monde et aussi du fait de l'attribution de compétences leur conférant une grande puissance d'action pour le climat.

Ce constat est partagé par de nombreuses autorités locales qui, soit de manière isolée, soit en se regroupant en réseaux tentent de mettre en place des plans de plus en plus ambitieux de réduction de leurs émissions.

Cette évolution a des implications fortes pour la recherche, notamment en économie. Elle impose de développer des outils inédits afin de pouvoir aider à la définition de plans climat territoriaux efficaces dans une approche dite « bottom-up », mais également d'enrichir les modèles « top-down » existants en faisant apparaître les marges de manœuvre dégagées au plan infranational.

---

<sup>1</sup> UNEP, ADAM, *Climate and Trade Policies in a Post 2012 World*, 100 Watt, St Martin Bellevue, France, (2009), 116 p. et O. Godard, "Unilateral European Post-Kyoto climate policy and economic adjustment at EU Borders" Cahiers de la Chaire Développement Durable EDF-Ecole Polytechnique, n° DDX - 07-15, (2007), 43 p.

Ce chapitre, structuré autour de ces deux grands types d'approches économiques vise à expliciter la nécessité du renouvellement des outils d'analyse, de mettre en lumière les principales variables (et les débats associés) qui organisent la réflexion dans les champs méthodologiques du développement urbain durable. Il permet également de présenter les pistes suivies au LEPII pour aborder ces questions.

Faut-il considérer comme l'affirmait le Maire de Londres, Ken Livingstone, que la lutte contre le changement climatique sera gagnée ou perdue dans les villes ? Un nombre croissant de villes et de territoires en sont convaincus et font preuve d'un dynamisme de plus en plus marqué sur cette question.

Ces initiatives se situent souvent en application ou en soutien des plans climat adoptés à l'échelle nationale mais parfois aussi en contradiction avec l'inertie des gouvernements nationaux sur ce thème. Ainsi, aux Etats-Unis, de nombreuses villes ont engagé des politiques locales de réduction des émissions de GES alors que l'Etat Fédéral restait à l'écart de l'action internationale de prévention du changement climatique en refusant la ratification du Protocole de Kyoto. Les initiatives ne concernent pas les seuls pays de l'annexe 1 (pays industrialisés). Des territoires urbains de pays émergents ou en développement ont également adopté des mesures contre le changement climatique.

Au-delà de cette explosion d'initiatives locales, en partie explicable par la volonté politique des collectivités locales de réaffirmer leur existence et leurs capacités d'initiative indépendamment des politiques nationales, quelle peut être l'influence réelle des plans climat locaux sur les émissions globales de GES ? Le rôle des villes dans ce domaine est-il déterminant ? Détiennent-elles effectivement des leviers d'action qu'il sera difficile d'activer en se limitant aux seules politiques nationales ou internationales ?

## POURQUOI LES COLLECTIVITES LOCALES DETIENNENT LES LEVIERS POUR AGIR ?

Les dispositifs économiques tels que la Contribution Climat Energie en France ou le marché des permis d'émissions négociables européen (EU-ETS) pour les sources fixes d'émission de CO2 visent à inscrire à différentes échelles des pays ou des régions du monde sur une trajectoire de développement compatibles avec la défense du climat. Cependant, ces instruments ne permettent pas à eux seuls d'influencer suffisamment les émissions de GES induites par la planification

urbaine pour atteindre les objectifs correspondant à une hausse de la température n'excédant pas 2 ou 3°C. Il y a une inadéquation partielle de ces outils pour lutter efficacement contre le changement climatique à l'échelle locale, car ils ne permettent pas de traiter la question des nécessaires investissements dans les infrastructures collectives qui devront constituer le support de changements plus profonds dans les comportements et les systèmes techniques.

Cet état de fait tient en ce que la majorité des leviers qui permettent de peser sur les trajectoires de développement des agglomérations/régions sont aux mains des autorités locales. En effet, la politique de transports en commun, les infrastructures de transport, les constructions de bâtiments neufs, la réhabilitation de bâtiments existants, la restructuration des systèmes locaux d'approvisionnement énergétique (valorisation de sources d'énergie locales et réseaux de distribution de chaleur ou de froid) ainsi que la politique d'urbanisation dépendent toutes majoritairement d'autorités incluses dans le périmètre de la région. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle il est fait référence aux territoires ou aux initiatives locales plutôt que d'employer systématiquement le terme de ville. S'intéresser aux potentialités urbaines de réduction des GES impose de s'affranchir des limites géographiques strictes des municipalités lorsqu'on envisage les politiques à mener.

Stephen Hammer<sup>2</sup> propose la notion de « systèmes énergétiques urbains » (« urban energy system »), qui sont formés de l'ensemble des activités de production, de transformation, de distribution et de consommation d'énergie dans une ville. Il liste les « silos de politiques » (« policy silos ») sur lesquels il est possible de travailler pour pouvoir analyser et orienter le système énergétique d'une ville. L'ampleur des réductions des émissions de GES qu'un territoire peut mettre en œuvre est fonction de sa « capacité à agir » (« Capacity To Act »), elle-même définie par les champs des compétences qui lui sont attribuées en matière énergétique. Si on laisse de côté pour l'instant la problématique du financement, il apparaît que les gouvernements infranationaux ont une importante latitude d'action sur la majorité des « policy silos ». Néanmoins, cette assertion ne doit pas masquer la grande hétérogénéité des capacités à agir des autorités locales selon les pays et leurs organisations institutionnelles ni le fait qu'elles peuvent être limitées par une répartition sous-optimale des compétences (au sens juridique). En matière climatique, une

---

<sup>2</sup> S. Hammer, "Capacity to act: The critical determinant of local energy planning and program implementation", Columbia University Center for Energy, Marine Transportation and Public Policy working paper, (2009).

meilleure cohérence entre les différents échelons décisionnels permettrait une plus grande efficacité des Plans Climats Locaux.<sup>3</sup>

Mais le rôle éminent des territoires dans la lutte contre le changement climatique tient également à une autre série de raisons. Il est plus facile pour des autorités locales d'imposer de nouvelles décisions aux citoyens, en raison de leur proximité avec ces derniers et d'une culture partagée de l'environnement, que pour les autorités nationales. Ces expériences peuvent même créer, du fait de leur démarche pionnière<sup>4</sup>, une certaine stimulation au sein de la population. Ces initiatives isolées ont vocation à être généralisées puis progressivement endossées par l'état sous forme de réglementations.

## QUELS ENJEUX QUANTITATIFS : ECONOMIES D'AGGLOMERATION / POLITIQUES SECTORIELLES

D'un strict point de vue quantitatif, il est indéniable que les villes contribuent aujourd'hui de façon très importante aux émissions globales de GES. Selon certaines sources, elles représentent déjà de 60 à 80% de la consommation globale d'énergie et 75 % des émissions de CO<sub>2</sub> alors qu'elles ne rassemblent que la moitié de la population mondiale (probablement 2/3 en 2030)<sup>5</sup>. Ces chiffres, souvent repris, restent toutefois très incertains, voire controversés. Des évaluations récentes estiment au contraire que les villes ne représenteraient que de 30 à 40% des émissions globales de GES<sup>6</sup>. Elles montrent à l'exception notable des villes chinoises<sup>7</sup> que la consommation d'énergie ou les émissions de

---

<sup>3</sup> Une équipe au sein du groupe de travail « Villes, territoires et lutte contre le changement climatique dans la perspective de Copenhague » présidé par L. Ballaguy, s'est ainsi constituée pour réfléchir à ce problème de cohérence des responsabilités entre les échelons décisionnels pour la formulation de politiques climatiques locales.

<sup>4</sup> Il est intéressant de remarquer que le gouverneur de Californie, Arnold Schwarzenegger, demeure très populaire, de même que le maire londonien qui a instauré le péage urbain de Londres, Ken Livingstone.

<sup>5</sup> International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2008, (2008), IEA, Paris, France. ([5]) **et** C40, 2009, Seoul Declaration, Large Cities Climate Summit, 18 –21 May 2009, Seoul.

<sup>6</sup> D. Satterthwaite, "Cities' contribution to global warming: notes on the allocation of greenhouse gas emissions." Environment and Urbanization, Vol. 20, No. 2, (2008), 539-549 **et** D. Dodman, "Blaming Cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories", Environment and Urbanization, vol 21 (1), (2009), 185-201.

<sup>7</sup> Du fait que la production industrielle chinoise destinée à l'exportation est très majoritairement localisée dans les zones urbaines.

GES par habitant sont sensiblement moins élevées dans les zones urbaines qu'en moyenne nationale.

Les résultats mis en avant notamment par Dodman montrent toutefois que les urbains émettent *caeteris paribus* moins de GES que les ruraux. Les urbains consomment plus d'énergie que la moyenne nationale parce que leur niveau de revenu est plus élevé (donc leur taux d'équipement et leur consommation sont plus importants) mais à niveau de revenu identique, l'urbain consomme moins d'énergie que la moyenne nationale grâce aux effets d'agglomération. Comme l'observent Grimm et alii :

"Cities themselves present both the problems and solutions to sustainability challenges of an increasingly urbanized world... large urban agglomerations are fonts of human ingenuity and may require fewer resources on a per capita basis than smaller towns and cities or their rural counterparts"<sup>8</sup>.

Dans le cas des villes, trois grands secteurs expliquent l'essentiel des émissions de GES mais sont également susceptibles d'engendrer des économies d'agglomération, le secteur du bâtiment bien sûr, celui des transports et celui de la production/distribution d'énergie. Pour chacun, on peut faire apparaître des économies d'émissions de GES associées à l'urbanisation et à une plus forte concentration de personnes et d'activités économiques. On verra toutefois qu'il n'existe pas pour autant un lien direct de causalité entre augmentation de la densité et réduction des émissions unitaires de GES.

Dans le cas de la production et de la distribution d'énergie, l'augmentation de la densité autorise, au moins en théorie, des économies d'échelle et des gains d'efficacité en production d'électricité et surtout une exploitation plus rationnelle des ressources, avec la valorisation d'énergies fatales par le biais de réseaux de distribution de chaleur ou de froid. Mais inversement, l'accroissement de la densité rend plus difficile l'exploitation des sources d'énergie diffuses telles que l'énergie solaire.

De la même façon, pour le secteur du bâtiment, le premier effet de l'augmentation de la densité au sol est de réduire la consommation d'énergie par la limitation de la surface d'échange par m<sup>2</sup> occupé. Toutes choses étant égales par ailleurs, l'habitat collectif consomme donc moins d'énergie par m<sup>2</sup> chauffé que l'habitat individuel. Couplé aux gains évoqués ci-dessus pour les réseaux de distribution, l'accroissement de la densité se traduit donc en théorie par une

---

<sup>8</sup> N. B. Grimm, S. H. Faeth, N.E. Golubiewski, C.L. Redman, J. Wu, X. Bai, J. M. Briggs, "Global Change and the Ecology of Cities." *Science* 319, (2008), 756-760.



diminution des consommations d'énergie pour le chauffage des bâtiments. Mais les choses ne sont pas tout à fait aussi simples. Certaines simulations montrent en effet que l'accroissement de la densité peut se traduire par une moindre ventilation naturelle et la création d'îlots de chaleur en été nécessitant le recours à la climatisation. Par ailleurs, la limitation des apports solaires peut induire une demande supplémentaire d'éclairage artificiel et la grande hauteur imposer l'installation d'ascenseurs, etc. Ces effets restent toutefois de second ordre par rapport à l'effet d'agglomération et ne compensent pas complètement les gains sur les consommations de chauffage liés à la densification.

Une littérature abondante établit une relation entre l'utilisation de l'espace et la consommation d'énergie pour les transports dans les espaces urbains. Le graphique séminal de Newman et Kenworthy<sup>9</sup> (voir la figure 1 qui s'en inspire) montre ainsi que la consommation d'énergie dans les transports et la densité de population sont inversement corrélées : les villes asiatiques avec une densité moyenne de 150 hab/ha consommaient en moyenne au cours des années 90 environ 0.2 tep/hab.an, alors que les villes américaines avec une densité 10 fois plus faible consommaient 1.2 tep/hab.an.

La densité n'est bien sûr pas la seule variable expliquant les écarts observés entre les consommations d'énergie dans les transports. D'autres variables-clés telles que la mixité des espaces (diversité des activités) ou la forme urbaine<sup>10</sup> influent également sur la demande de mobilité et la nature de modes de transport susceptibles de satisfaire cette demande. Mais la variable densité, bien que réductrice, est certainement la plus aisément quantifiable :

« dans une ville étalée, l'habitat individuel domine, la mobilité se fait sur longue distance avec l'automobile et la consommation d'énergie est importante. À l'inverse, dans une ville dense, la mobilité se fait sur courte distance, elle tend à la multimodalité et la consommation d'énergie est moindre »<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> P. Newman, J. Kenworthy, *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*, Washington DC, Island Press, (1999).

<sup>10</sup> A. Bertaud, S. Malpezzi, "The spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition", The Center for Urban Land Economics Research, (2003).

<sup>11</sup> P. Crique, J. Allaire, « Trois modèles de villes Facteur 4. Comparaisons internationales », *Les annales de la recherche Urbaine*, n°103, 0180-930-X, (2007), 54-63.

## AU-DELA DES ACTIONS SECTORIELLES : L'ACTION A LONG TERME SUR LES INFRASTRUCTURES ET LA FORME URBAINE

Dans les trois secteurs qui viennent d'être évoqués, (les réseaux d'énergie, les bâtiments ou les transports), un scénario de renouvellement massif des infrastructures urbaines et énergétiques est susceptible de permettre des économies d'énergies très significatives. Mais il n'est pas certain que ces investissements soient suffisants en l'absence d'interventions plus ambitieuses sur la structure des villes pour obtenir les réductions d'émissions de GES qui seront nécessaires dans le cadre des stratégies de prévention du changement climatique de type facteur 4.

La « ville post-carbone » nécessite probablement une reconfiguration forte des territoires urbains qui ne se limite pas à améliorer l'efficacité des infrastructures existantes mais qui vise également au travers des politiques d'urbanisme à modifier la structure urbaine pour notamment tenter d'infléchir la tendance à l'étalement urbain observable dans la plupart des pays avec l'accès à la motorisation individuelle. La capacité à modifier en profondeur les formes urbaines est certes moins importante dans les pays industrialisés où les dynamiques urbaines sont moins marquées. Elle n'est de toute façon envisageable que sur un horizon de temps long. Elle est en revanche fondamentale et plus immédiate dans les pays émergents ou en développement où des dynamiques de croissance sont très fortes et vont souvent de pair avec une certaine absence de planification.

Vue sous cet angle, la question du développement urbain prend une importance centrale dans le débat sur la prévention du changement climatique. En parallèle des instruments ou des politiques et mesures décidés à l'échelle nationale ou internationale, les politiques urbaines doivent contribuer à impulser les transformations qu'imposent les scénarios de sobriété carbone. Au-delà des améliorations incrémentales résultant des politiques de rénovation dans les bâtiments ou les transports, des évolutions plus radicales peuvent être imaginées en s'appuyant sur la maîtrise de la forme urbaine, des politiques de transport intégrant la maîtrise de la mobilité individuelle, des programmes de rénovation en profondeur du parc bâti, le développement de l'offre et de la distribution d'énergie, etc....

Tant que les actions des autorités locales pour la prévention du changement climatique ne sont considérées que comme des relais des politiques nationales, leur importance reste limitée. En revanche, dès lors que des marges de manœuvre spécifiques existent en lien avec ces politiques locales, elles

acquièrent une importance nouvelle et il devient nécessaire de les prendre en compte comme des moyens supplémentaires dans le cadre des politiques climatiques et à ce titre de tenter de les quantifier dans les exercices de prospective modélisés.

## INTRODUIRE LA DIMENSION URBAINE DANS LES MODELES GLOBAUX DE PROSPECTIVE ENERGETIQUE : L'EXEMPLE DU MODELE POLES

Le dispositif de modélisation POLES s'appuie sur une représentation détaillée des systèmes énergétiques des différents pays et des technologies d'offre et de demande d'énergie pour fournir des images cohérentes de l'évolution du système mondial sur le long terme. Le modèle est notamment utilisé pour apprécier les transformations imposées par la mise en œuvre de politiques climatiques plus ou moins ambitieuses et le coût de ces politiques pour le système énergétique. Lorsque des contraintes carbone sont introduites, le modèle décrit les adaptations du système énergétique résultant de la modification des coûts relatifs (réduction de la demande, diffusion de technologies plus efficaces, part croissante des sources non-émettrices de CO<sub>2</sub>, etc.). Pour des niveaux de contrainte carbone très élevés (scénarios de type 400 – 450 ppm) le modèle réagit de la même façon en allant simplement chercher des options marginales plus coûteuses. Mais il n'est pas aujourd'hui en mesure de décrire des évolutions plus systémiques, telles que celles évoquées plus haut, qui pourraient se produire dans un monde évoluant vers une société post-carbone.

Pour mieux éclairer les marges de manœuvre, élargir la palette des options disponibles à des changements systémiques et limiter le coût marginal des scénarios fortement contraints, il paraît primordial d'introduire la dimension urbaine, ce qui permettrait d'améliorer considérablement la pertinence de la description des politiques de réduction des émissions de GES (changement des modes de vie, évolution de l'urbanisation, impact sur la demande de mobilité, etc.).

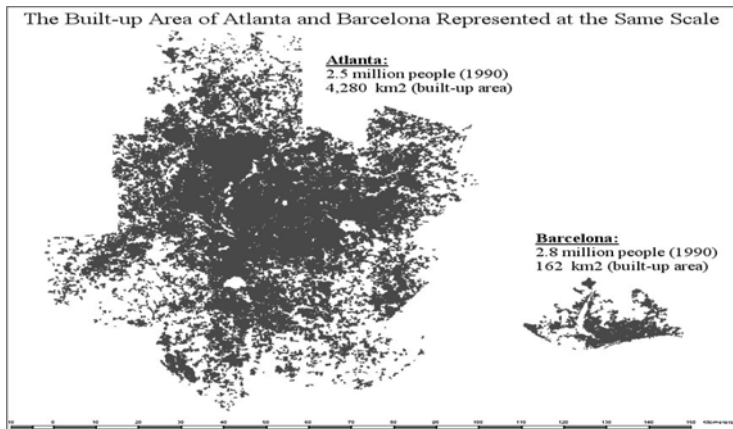
Dans la version actuelle du modèle, la dimension territoriale n'existe pas. Si une distinction est opérée entre population urbaine et population rurale, elle est de fait peu exploitée. Dans le cas des logements par exemple, différentes catégories ont été créées en fonction de leurs performances énergétiques (introduction de bâtiments basse ou très basse consommation d'énergie) mais

elles sont totalement indépendantes de la localisation des bâtiments (ville / campagne).

De même, pour les transports, le modèle distingue plusieurs catégories de véhicules selon la source d'énergie utilisée (essence/diesel, électricité, hybride, hydrogène, biocarburants) mais considère globalement un type de véhicule unique (véhicule multifonction, 5 places, très grande autonomie). Dans la configuration actuelle, il n'est ainsi pas possible d'introduire de nouveaux véhicules, de très petite taille, très performants, réservés à des déplacements courts, en raison de l'absence de distinction entre les déplacements urbains et extra-urbains. Quant à l'évolution de la motorisation individuelle ou la demande adressée aux transports en commun, elles présentent des dynamiques très largement indépendantes de la forme urbaine et de son évolution. Les développements envisagés sur le modèle POLES visent donc à intégrer la dimension spatiale pour être en mesure de mieux apprécier les transformations associées à une urbanisation accélérée et en même temps l'impact de politiques visant à encadrer ce développement urbain, notamment pour limiter l'étalement urbain et créer des villes plus compactes.

Dans un modèle de simulation du système énergétique non spatialisé tel que POLES, l'introduction de la dimension spatiale peut nécessiter des modifications considérables. Pour apporter des améliorations sans remettre en cause l'ensemble de la logique interne du modèle, l'introduction d'un proxy pour caractériser la forme urbaine était une option envisageable. Le choix de la variable s'est porté sur la densité qui présente l'avantage d'une grande simplicité et permet d'opérer une première distinction entre différentes configurations urbaines.

Sur la Figure 2 par exemple qui compare Atlanta et Barcelone, on observe les conséquences spatiales de densités urbaines très inégales, 6 hab./ha et 173 hab./ha respectivement, pour des villes dont la population est comparable. À Atlanta, 4 300 km de réseau de transport public seraient nécessaires pour que chaque habitant soit situé à moins de 800 m d'une ligne alors qu'il en suffirait de 160 km pour Barcelone.



Source : Bertaud 2004<sup>12</sup>

Figure 2 : Densité en proxi de la forme urbaine

On conviendra toutefois que la seule variable densité ne peut décrire avec une précision suffisante la forme urbaine. Sur une agglomération urbaine qui constitue ici la dimension pertinente, la densité moyenne dissimule des variations importantes entre le centre et périphérie. La notion de gradient de densité a été introduite mais simplifiée en ne faisant apparaître qu'une seule distinction entre la ville centre et la périphérie. Il devient alors possible de représenter des évolutions plus complexes que la simple augmentation / diminution de la densité urbaine moyenne.

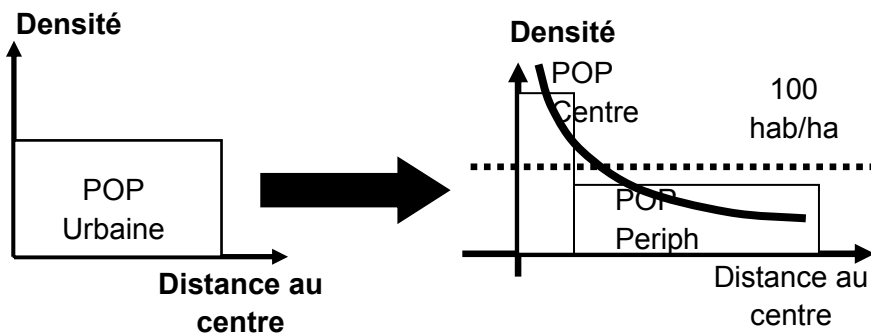


Figure 3 : Ville centre et périphérie

<sup>12</sup> A. Bertaud, "The Spatial organization of cities : Deliberate outcome or unforeseen consequence ?", working paper (2004), accessible par: <http://alain-bertaud.com/>.

L'introduction de la variable densité a plusieurs fonctions. Elle permet d'établir des relations entre les évolutions à long terme de la forme urbaine et le taux d'utilisation des transports publics ou le taux de motorisation individuelle. Elle est également utile dans le secteur du bâtiment pour faire varier la proportion de maisons individuelles ou de bâtiments de grande hauteur entre le centre ville, la périphérie et les zones extra urbaines. D'autres développements sont également possibles par la suite en lien avec la variable densité, et notamment l'accès aux ressources énergétiques distribuées (plus aisée en zones faiblement denses) ou le développement de réseaux de chaleur/froid (plus difficile en zones peu denses).

Pour conclure cette partie, reconnaissons les limites du type d'évolution apportée au modèle. Il est clair que l'introduction de la seule variable densité ne peut suffire à décrire les dynamiques de développement urbain en cours. Il semble néanmoins qu'elle peut faire apparaître de nouvelles marges de manœuvre dans les scénarios à forte contrainte carbone, dans le domaine des transports en particulier (réduction de la motorisation individuelle dans les zones urbaines denses, développement des petits véhicules urbains, utilisation des transports en commun, etc.), que la version précédente du modèle ne pouvait décrire. Pour aller plus loin dans la prise en compte des options accessibles à l'échelle des collectivités locales, de nouveaux outils sont nécessaires qui requièrent sans doute une description plus fine des situations locales et relèvent de ce fait plus de logiques de type bottom-up

## DEVELOPPER DES OUTILS SPECIFIQUES POUR LA MISE EN PLACE DE POLITIQUES CLIMATIQUES LOCALES COHERENTES ET EFFICACES

### *Changement d'échelle des ambitions climatiques et logique coût/efficace*

Le passage actuel d'actions isolées de la part de municipalités pionnières à des démarches de conventions et de construction de réseaux d'autorités locales<sup>13</sup> est utile principalement en ce qu'il permet la diffusion des savoirs et

---

<sup>13</sup> Il y a actuellement un foisonnement de ces réseaux regroupant, villes/agglomérations et régions concernées par le changement climatique et volontaires pour mettre en œuvre des plans d'actions pour participer de son atténuation.

qu'il participe d'une prise de conscience des efforts à fournir. Mais cette généralisation des pratiques et la montée en puissance des ambitions climatiques créent de nouveaux défis.

En effet, l'ampleur des engagements de réduction d'émissions implique une logistique et un investissement en moyens humains et financiers très importants tant pour mesurer les émissions sur leur territoire que pour identifier les leviers de réductions de GES et mettre en œuvre des actions adéquates. Dans cette logique, l'Union Européenne consciente de la lourdeur de la tâche s'engage vis-à-vis des signataires du Pacte des Maires<sup>14</sup> à les appuyer dans leur démarche, notamment pour l'élaboration de leur « Plan d'Action Energétique Stratégique » que les villes doivent remettre durant l'année suivant leur adhésion.

De manière plus générale cependant, le changement d'échelle des engagements climatiques des territoires imposera de coûteuses opérations de réductions d'émissions. Un objectif aussi ambitieux que le Facteur 4 nécessite l'introduction de la rationalité économique pour l'identification des options coût-efficaces et pour assurer la cohérence du projet dans son ensemble. Il est en effet considéré que la préoccupation d'efficacité-coût doit être proportionnelle à l'ambition climatique et au montant des dépenses qu'elle induit<sup>15</sup>. Des méthodologies qui permettent de remplir ces conditions pour la définition de plans climat locaux sont donc nécessaires.

### *Une illustration avec les courbes d'offre de réductions d'émissions : LONDRES*

Les outils méthodologiques utiles à la définition de plans climats territoriaux coût-efficaces devront donc pouvoir guider les décideurs sur les actions à entreprendre dans chacun des secteurs sur lesquels les territoires urbains ont autorité. Une méthode simple dans le principe consiste à construire les courbes de coûts marginaux de réduction de GES dans les secteurs émetteurs d'une ville ou d'un territoire en mobilisant un résultat de base puissant de la micro-économie : l'égalisation des coûts marginaux d'abattement des GES assure la minimisation du coût total pour un objectif donné.

---

<sup>14</sup> Le Pacte des Maires signé à la Commission Européenne début 2009 compte plus de 640 villes signataires (décompte en Septembre 2009) qui s'engagent à dépasser à l'échelle de leur territoire les objectifs du paquet Energie/Climat européen.

<sup>15</sup> P. Criqui, B. Lefèvre, "Les plans climat locaux ou la nouvelle dimension des politiques climatiques", LEPII and IDDRI working paper, à paraître.

Il convient d'identifier et de classer les différentes options de réductions de gaz à effet de serre par ordre croissant de coûts en les assortissant du volume de GES qu'elles peuvent éviter jusqu'à atteindre l'objectif global d'abattement des émissions. En procédant de la sorte, on s'assure de la minimisation du coût total puisque seules seront mises en œuvre les actions les moins chères. Cette démarche évite par conséquent de mobiliser aléatoirement des potentiels de réductions très coûteux et assure alors l'efficacité-coût du programme global. Ainsi la définition des courbes de coûts marginaux de réduction des émissions aboutit à la « priorisation » efficace des actions à mettre en œuvre.

Cette méthode impose de suivre les étapes suivantes :

1. Dresser l'inventaire des émissions d'une agglomération/territoire.
2. Définir un objectif global de réduction des GES.
3. Recenser les différentes options de réductions des émissions par secteur.
4. Attacher à chaque option un volume de diminution de GES possible et un coût par tonne de CO<sub>2</sub> évitée.
5. Hiérarchiser les différentes options par secteur par ordre croissant du coût.
6. Construire les courbes de coûts marginaux de réductions totale et sectorielles.
7. Repérer les efforts à fournir par secteur et les options à mobiliser.

L'étude de Mc Kinsey - Siemens<sup>16</sup> réalisée sur la ville de Londres est, à notre connaissance, la première à avoir mis en application la méthode des courbes de coûts marginaux de réduction des émissions à l'échelle d'une ville. Ces travaux cherchent à caractériser et à hiérarchiser les options de diminution de GES dans cinq secteurs fortement émetteurs - bâtiments, transports, énergie, eau, déchets - dans la ville de Londres afin d'informer le « London Climate Change Action Plan »<sup>17</sup> voulu par Ken Livingstone. Les courbes de coûts marginaux de réduction des émissions sont élaborées pour chacun des secteurs et puis à partir de celles-ci est construite la courbe agrégée constituée de l'ensemble des actions à mener. Cette intégration des courbes sectorielles permet de déterminer l'effort à fournir ainsi que les options à mettre en œuvre par secteur

---

<sup>16</sup> Mc Kinsey, Siemens, Sustainable Urban Infrastructure – London Edition – A view to 2025, Siemens, Germany, (2008), 72 p.

<sup>17</sup> Le London Climate Change Action Plan vise à réduire de 60% les émissions du Grand Londres en 2025.



mais également le coût total de l'opération et par conséquent les besoins de financement.

La figure 4 située en fin de chapitre présente la courbe marginale de réduction globale de l'étude Mc Kinsey – Siemens menée sur la ville de Londres (tous secteurs confondus) avec le détail des options utilisées pour la construire.

### *La nécessité d'une approche globale de la ville*

L'approche par les coûts marginaux de réduction présentée ci-dessus est utile en ce qu'elle permet d'identifier et de mobiliser les options technologiques de réductions des GES disponibles à moindre coût. Cependant elle ne permet pas de prendre en compte l'impact de la forme urbaine sur les consommations d'énergie par habitant et partant des émissions par tête. Or, si des innovations technologiques permettent d'ores et déjà par exemple dans le bâtiment neuf de produire des bâtiments très basse consommation voire à énergie passive, elles ne peuvent que peu pour les émissions induites par l'organisation spatiale des villes et de leurs infrastructures.

En effet, la ville ou le territoire en tant qu'héritage historique n'a jamais obéi à un développement visant à maximiser l'efficacité énergétique. Il en résulte que l'agencement des lieux de vie, de loisir, de travail et de courses et la distance les séparant entraînent des déplacements non optimaux qui pèsent lourdement dans le bilan GES des territoires.

La conjecture de Zahavi<sup>18</sup> propose de considérer le temps moyen journalier passé dans les transports comme constant et légèrement supérieur à une heure quelles que soient l'époque, la société ou l'aire géographique. Ce postulat<sup>19</sup> temporel esquisse en creux un arbitrage spatial qui dessine deux trajectoires d'urbanisation opposées. Un scénario d'étalement urbain et donc d'augmentation des distances qui serait compensée par une augmentation parallèle des vitesses de déplacements. Ce scénario peu compatible avec un réseau de transport en

---

<sup>18</sup> Y. Zahavi, "Stability of travel components over time", Transportation Research Record, n°750, (1980), 19-26.

<sup>19</sup> Il s'agit bien d'une hypothèse de travail et non d'une loi absolue que certains chercheurs ont cherché à creuser et à nuancer. On peut à ce propos utilement se reporter aux travaux de Iragaël Joly

commun efficace rendrait la population « dépendante de l'automobile »<sup>20</sup>. À l'inverse un espace urbain densément peuplé diminue les distances et permet l'émergence de modes doux et/ou collectifs dont la vitesse moyenne est moindre.

Entre ces deux scénarios extrêmes existe tout un continuum de trajectoires d'urbanisation. Le développement des villes en Amérique du Nord par exemple, peu contraintes géographiquement, s'est fait selon un mode extensif<sup>21</sup>. Pour rendre viable ce système, il a par la suite été nécessaire de construire des infrastructures de transports efficaces, donc rapides. L'étalement urbain rendant peu attractif l'option du transport en commun, de nouvelles routes ont été tracées, entraînant une fuite en avant vers toujours plus de consommation d'espace et de mobilité individuelle. Cette présentation très schématique d'un mode de développement extensif est évidemment simpliste, mais elle a le mérite d'explicitier l'importance fondamentale de ce qu'on appelle la « forme urbaine »<sup>22</sup>.

Ainsi, un plan climat local efficace ne peut se borner à mobiliser une collection d'options de réduction des émissions pour peu coûteuses et efficaces qu'elles soient. Il doit nécessairement intégrer la dimension structurante de l'organisation spatiale du territoire. La « fabrique urbaine »<sup>23</sup> peut être abordée par la relation qu'entretiennent l'usage des sols et le transport. Le prix du foncier ainsi que les réglementations locales sont déterminantes dans la répartition des lieux de résidence et de travail au sein d'une ville aussi bien que dans la plus ou moins grande propension de l'agglomération de s'étendre ou, au contraire, de se densifier. Ils peuvent expliquer en partie les différents sentiers d'urbanisation explicités plus haut.

---

<sup>20</sup> J. Kenworthy & F. Laube, "Patterns of automobile dependence in cities; an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy", *Transportation Research Part A*, n°33, (1999), 691-723. **et** P. Newman, J. Kenworthy, *Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence*, Washington DC, Island Press, (1999).

<sup>21</sup> On entend par là, consommateur d'espace. I. Joly, « L'hypothèse de Zahavi revisitée. Quelle pertinence ? » XXXIX Colloque de l'ASRDLF : Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales, (2003).

<sup>22</sup> A. Bertaud, S. Malpezzi, "The spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition", *The Center for Urban Land Economics Research*, (2003).

<sup>23</sup> B. Lefèvre, M. Wemaere, "Fitting Commitments by cities into a post-2012 Climate Change Agreement", *Pour le débat, IDDRI Sciences Po.*, (2009).

Cependant, pour avoir une image pertinente de la structuration des activités et des lieux de vie, et par conséquent des déplacements induits, il est également nécessaire d'intégrer l'infrastructure de transport (routes, réseaux de transports en commun mais aussi les différentes technologies de véhicules). Clark<sup>24</sup>, établissait notamment que « les systèmes de transport façonnent la ville »<sup>25</sup> et qu'il y a en la matière une certaine « dépendance au sentier » emprunté. L'impact fondamental du système de transport sur la forme des villes ainsi que son inertie (difficulté à en changer rapidement) plaide pour une planification attentive de cette composante.

De nombreuses recherches investissent aujourd'hui ce champ des relations entre réseaux de transport en lien avec l'usage des sols, pour donner une image de la forme urbaine et de la répartition de la population en son sein. Ainsi, les études de Lefèvre<sup>26</sup> s'appuient sur le modèle TRANUS qui permet de simuler différentes évolutions d'organisation spatiale selon les scénarios retenus de politiques foncières et de transport. Il y aura dans le futur beaucoup à attendre du développement concerté de méthodologies et de modèles économiques pour l'aide à la décision en matière de politiques climat - énergie locales.

### *Le Plan Climat Energie de Grenoble*

La Communauté d'Agglomération de Grenoble (La Métro) s'est engagée depuis quelques années déjà dans un des premiers Plans Climat Local français. Elle s'est récemment dotée d'objectifs dans la lignée de ceux du paquet climat-énergie européen. Face à la montée en puissance de l'ambition climatique se fait jour le besoin de rationalité économique pour orienter le programme d'action.

Le projet « Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat » (AETIC) situé sur l'agglomération de Grenoble se propose de reproduire la démarche coût – efficacité appliquée à l'échelle des politiques climatiques internationales, et notamment européennes, au niveau des politiques climatiques des collectivités locales. La stratégie de recherche adoptée dans le projet AETIC vise à rassembler des méthodes, données, raisonnements

---

<sup>24</sup> C. Clark, "Transport: Maker or Braker of cities", *Town Planning Review*, vol 28, (1957), 237-250.

<sup>25</sup> P. Criqui, J. Allaire, « Trois modèles de villes Facteur 4. Comparaisons internationales », *Les annales de la recherche Urbaine*, n°103, 0180-930-X, (2007), 54-63.

<sup>26</sup> B. Lefèvre, " Long term energy consumptions of urban transportation: A prospective simulation of " Transport-land uses" policies in Bangalore", *Energy Policy*, vol 37 (3), (2009), 940-953.

nécessaires à la construction d'un Plan Climat Local dans un souci de forte cohérence économique. Les informations collectées seront organisées dans un jeu de courbes de Coûts Marginaux de Réduction adapté qui fournira de premiers enseignements concrets et sans doute l'ébauche d'un modèle intégré, qui restera à développer par la suite si les méthodologies et hypothèses testées dans le projet se sont avérées fécondes.

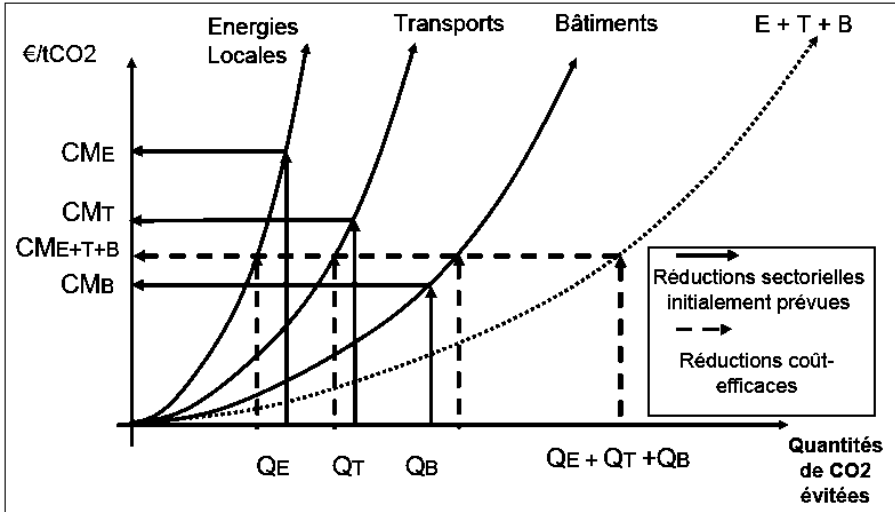


Figure 5 : Courbes marginales sectorielles et globale du projet AETIC

La méthode consiste à considérer la ville comme un système complexe de production et de consommation d'énergie qui nécessite pour l'étude des politiques de réduction des émissions une démarche intégrée. Les volets que nous distinguons sont au nombre de trois et ont d'importantes interactions les uns avec les autres ce qui nourrit la volonté de les aborder de concert. Il s'agit :

- du secteur transports en lien avec l'usage des sols qui doit constituer une dimension systémique structurante des autres politiques (utilisation du modèle TRANUS),
- du secteur des bâtiments et de l'amélioration de la performance thermique en particulier dans le parc existant
- et enfin la production et la distribution des énergies renouvelables et locales.

La mise en œuvre des plans climats locaux ou territoriaux constituera certainement une dimension très importante des politiques climatiques. Elle conduit à renouveler les politiques publiques et pose à la recherche de nouvelles questions. De même que des analyses économiques de plus en plus complètes ont permis, dans les dernières années, d'accompagner le processus de négociation internationale et l'élaboration des politiques nationales, de même la mobilisation des outils économiques peut constituer une aide à la décision publique dans ces domaines. Elle devra probablement savoir combiner des approches économiques classiques, d'inspiration micro-économique comme les courbes de Coûts Marginaux de Réduction, avec des approches plus systémiques, rendant compte de la complexité et des constantes de temps propres aux dynamiques urbaines. C'est exactement dans cette perspective que le LEPII et ses partenaires ont élaboré le projet AETIC qui vise à développer de nouveaux outils économiques pour l'analyse et la conception du Plan Climat Local de la communauté d'agglomération de Grenoble.

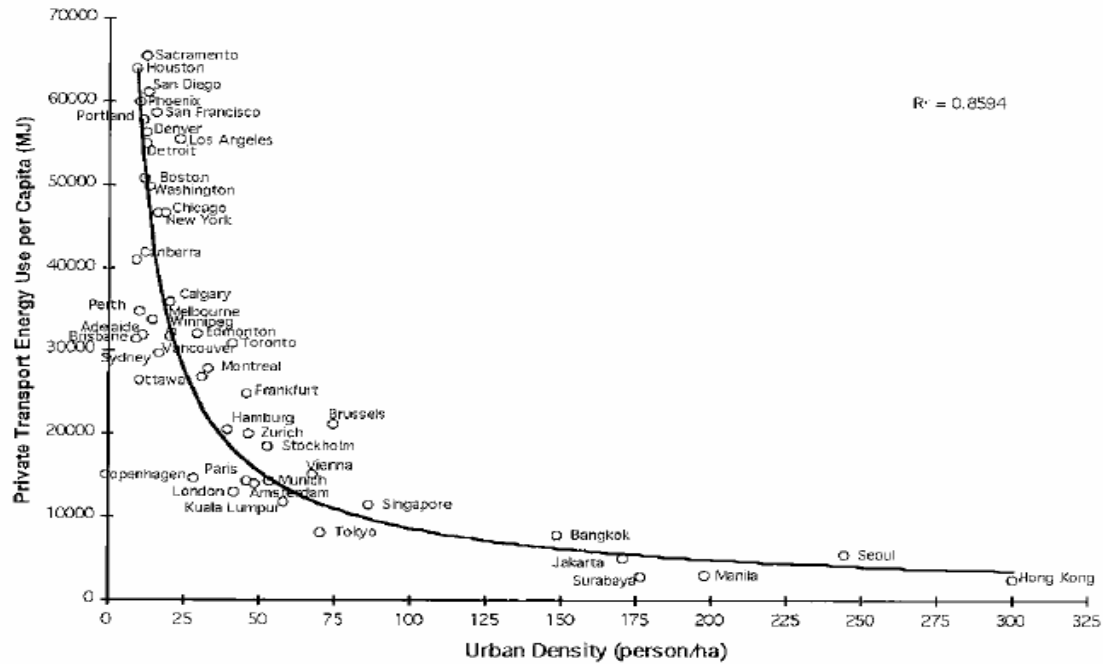


Figure II-1: Energy use per capita in private passenger travel versus urban density in global cities

(source: Newman and Kenworthy 1999)

tableau illisible

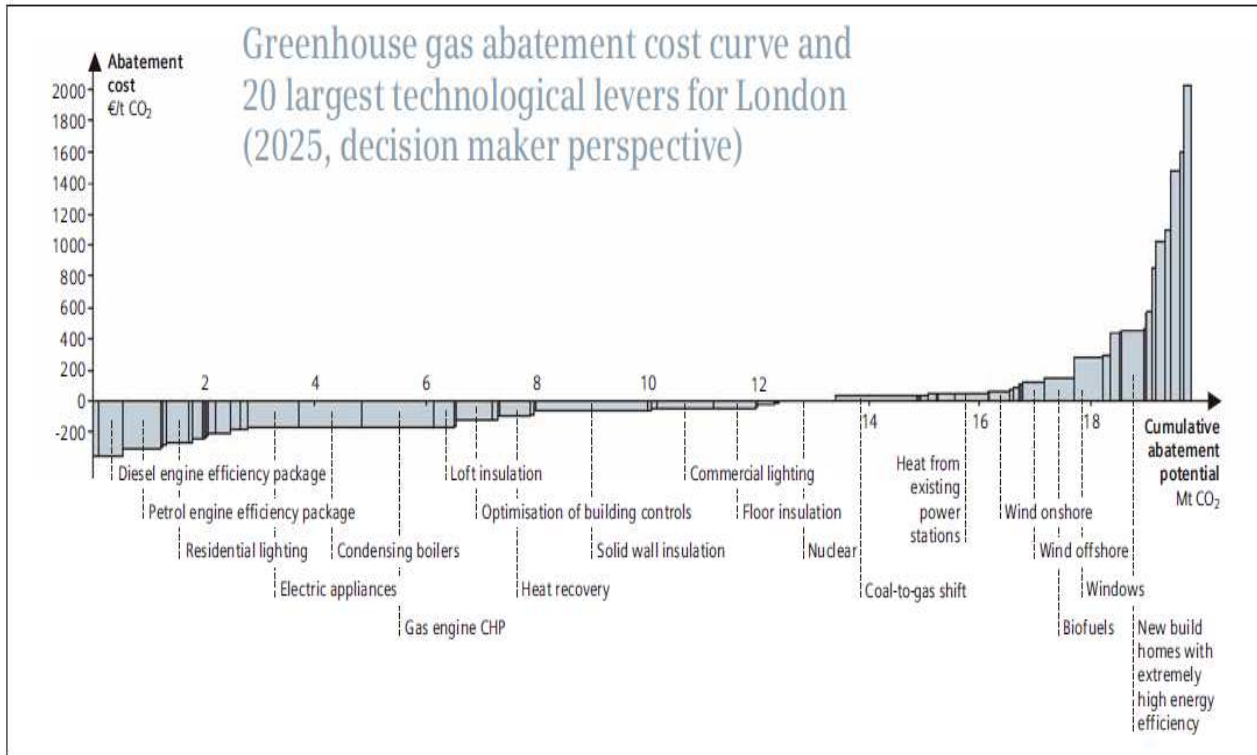


Figure 1 : Consommation d'énergie et densité urbaine

Source : Mc Kinsey, Siemens « Sustainable Urban Infrastructure London Edition – A view to 2025 », 2008

Figure 4 : Courbe marginale Mc Kinsey







